



Marzo 2020 - ISSN: 1988-7833

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE LODO DE ESGOTO COMO SUBSTRATO PARA A GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE MUDAS DE ANGICO-VERMELHO

Denise Eliane Euzébio Pinto¹
Isabella Paiva de Souza²
Rosenilson Pinto³

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Denise Eliane Euzébio Pinto, Isabella Paiva de Souza y Rosenilson Pinto (2020): "Avaliação de diferentes concentrações de lodo de esgoto como substrato para a germinação e crescimento de mudas de angico-vermelho", Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales, (marzo 2020). En línea:

<https://www.eumed.net/rev/cccss/2020/03/germinacao-angico-vermelho.html>
<http://hdl.handle.net/20.500.11763/cccss2003germinacao-angico-vermelho>

Resumo:

A vida de qualquer organismo na terra depende de sua relação com o meio. As atividades humanas geram poluição e são capazes de alterar o meio ambiente, causando desequilíbrio ecológico. A concentração de pessoas nos grandes centros urbanos gera um enorme volume de esgoto e seu tratamento é fundamental para a qualidade de vida da população. Após o tratamento deste esgoto é gerado um resíduo rico em matéria orgânica, denominado lodo de esgoto. Para alcançar um desenvolvimento sustentável, com um ambiente de qualidade, os resíduos gerados devem ser tratados e destinados de forma que não causem danos ao meio ambiente. Os objetivos deste estudo foi avaliar os atributos químicos do lodo de esgoto, e testar diferentes concentrações deste lodo, na germinação e desenvolvimento de mudas de *Anadenanthera macrocarpa*. O lodo apresenta alta concentração de nutrientes e matéria orgânica, porém o lodo puro não é ideal para a germinação e desenvolvimento das semente e mudas de *Anadenanthera macrocarpa*. Por outro lado, o resultado observado no tratamento com 25% de lodo de esgoto indica que é possível sua utilização, porém em pequenas concentrações e misturado a outro substrato.

Palavras chaves: lodo de esgoto, meio ambiente, desenvolvimento sustentável

Evaluación de diferentes concentraciones de lodos de depuradora como sustrato para la germinación y crecimiento de plántulas de angico rojo

Resumen:

La vida de cualquier organismo en la tierra depende de su relación con el medio ambiente. Las actividades humanas generan contaminación y son capaces de alterar el medio ambiente, causando un desequilibrio ecológico. La concentración de personas en grandes centros urbanos genera un gran volumen de aguas residuales y su tratamiento es fundamental para la calidad de vida de la población. Después del tratamiento de estas aguas residuales se

Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email- deniseeuzebio@gmail.com
Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email: rsn.pinto@gmail.com
Isabella Paiva de Souza

genera un residuo rico en materia orgánica, llamado lodo de aguas residuales. Para lograr un desarrollo sostenible con un entorno de calidad, los residuos generados deben tratarse y eliminarse de manera que no causen daños al medio ambiente. Los objetivos de este estudio fueron evaluar los atributos químicos de los lodos de depuradora y evaluar las diferentes concentraciones de lodos de depuradora en la germinación y desarrollo de plántulas de *Anadenanthera macrocarpa*. El lodo tiene una alta concentración de nutrientes y materia orgánica, pero el lodo puro no es ideal para la germinación y el desarrollo de semillas y plántulas de *Anadenanthera macrocarpa*. Por otro lado, el resultado observado en el tratamiento con un 25% de lodos residuales indica que su uso es posible, pero en pequeñas concentraciones y mezclado con otro sustrato.

Palabras clave: lodos de depuradora, medio ambiente, desarrollo sostenible.

Introdução

A vida de qualquer organismo no planeta terra depende de sua relação com o meio ambiente a sua volta. O meio ambiente é tanto o natural, que foi sendo construído ao longo do desenvolvimento da terra juntamente com a evolução dos seres vivos, quanto o meio artificial, ou seja, o ambiente que foi alterado e construído pelos humanos, como as grandes áreas industrializadas, as cidades e o meio rural.

Quanto mais equilibrado for este meio, maiores são as chances de sobrevivência, e melhores são as condições de sobrevivência dos seres vivos. A existência dos seres humanos não poderia ser diferente, ela está estreitamente relacionada com as condições do meio que a cerca. No entanto, os seres humanos apresentam uma grande capacidade de alterar o meio em que vive. Ao longo da história da humanidade percebemos que a exploração do meio ambiente contribuiu para o desenvolvimento de grandes civilizações e declínio de outras. Como qualquer ser vivo, o ser humano retira recursos do meio ambiente para prover sua subsistência e devolve as sobras. No meio natural as sobras de um organismo são restos que, ao se decomporem, devolvem ao meio elementos químicos que serão absorvidos por outros seres vivos, de modo que nada se perde, por outro lado, o mesmo não acontece com as sobras das atividades humanas (Barbieri, 2017). Estas atividades humanas geram, na maioria das vezes muita poluição e são capazes de alterar drasticamente o meio ambiente, e contribui diretamente para a destruição de ecossistemas, causando um grande desequilíbrio ecológico. A preocupação com este desequilíbrio ecológico vem crescendo ao longo das décadas, tanto por parte dos governos de muitos países, quando por diversos seguimentos da sociedade civil organizada. Um evento facilmente notável, e que causa sérios problemas ambientais, tem sido aglomeração de pessoas em grandes centros urbanos.

A vida nos ambientes urbanos, após a revolução industrial, consolidou-se nas primeiras décadas do século XX e se mantém até os dias atuais (Philippp JR. *et al.*, 2004). Este crescimento urbano desordenado se deu especialmente nas Regiões Metropolitanas e nas cidades que se transformaram em polos regionais. Assim como em outros países, no Brasil as aglomerações humanas nos centros urbanos demandam quantidades gigantescas de recursos naturais e geram quantidades de resíduos nas mesmas proporções (Philippp JR. *et al.*, 2004). Os resíduos sólidos de uma área urbana são constituídos por desde aquilo que vulgarmente se denomina "lixo" até resíduos especiais, provenientes de processos industriais e de atividades hospitalares, além disso, ficam também incluído como resíduos sólidos, os lodos de esgoto (Braga et al 2005). A concentração de pessoas nos grandes centros urbanos gera um enorme volume de esgoto que é produzido diariamente. O tratamento deste esgoto é fundamental para a qualidade de vida da população, uma vez que a falta do saneamento básico em uma cidade traz graves problemas para a saúde pública e contaminação para o meio ambiente.

No Brasil o saneamento básico ainda não atinge completamente todo o país, há regiões que sofrem com a falta de saneamento básico e com as consequências negativas deste fato. Ainda que o saneamento básico não chegue em todas as localidades, nos locais onde ele está implantado, todo esgoto gerado deve ser tratado, o que é realizado por meio de estações de

¹Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email- deniseeuzebio@gmail.com

²Estudante de engenharia ambiental da UEMG.

³Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email: rsn.pinto@gmail.com

tratamento de esgoto que reproduzem, em um menor espaço e tempo, a capacidade de autodepuração dos cursos d'água (Leoneti et al 2011).

Durante uma série de processos para o tratamento deste esgoto nas estações de tratamento (ETEs) é gerado um resíduo rico em matéria orgânica que constitui a parte sólida, denominado lodo de esgoto (Braga et al. 2005).

Esse resíduo sólido é proveniente de processos biológicos do tratamento, em que parte da matéria orgânica é absorvida e convertida, fazendo parte da biomassa microbiana. Como essa massa é composta principalmente de sólidos biológicos, é também denominada de biossólido. Para uso dessa terminologia, é necessário que suas características químicas e biológicas sejam compatíveis com uma utilização produtiva, como, por exemplo, a agricultura, e não uma utilização improdutiva como a destinação em aterros sanitários ou incineração. O lodo de ETE é uma fonte alternativa de nutrientes para a fertilização das culturas, uma vez que os fertilizantes químicos são fontes finitas, não se enquadram nas premissas da produção orgânica de alimentos e são componentes significativos na composição dos custos de produção (Costa et al. 2015)

A disposição final deste lodo vem se caracterizando como um dos problemas ambientais urbanos mais relevantes da atualidade, e cresce diariamente tanto nos países desenvolvidos quanto naqueles em desenvolvimento, com reflexos da ampliação das redes de coleta e incremento dos níveis de tratamento (Pegorini et al. 2003). Nos dias atuais uma das grandes preocupações da sociedade é viver de forma sustentável, tanto do ponto de vista econômico, quanto social e ambiental, preconizando o desenvolvimento, de forma a atender as necessidades das gerações atuais e futuras (Dias, 2011).

O desenvolvimento sustentável é um conceito que foi proposto pela Comissão Mundial de Desenvolvimento Sustentável e de Meio Ambiente, em 1987. Essa comissão formada em 1984 pela Organização das Nações Unidas, tendo como coordenadora a primeira ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland. A comissão incluía 23 membros de 22 países. Por três anos consecutivos, a comissão e seus assessores estudaram os conflitos entre os crescentes problemas ambientais e as necessidades quase desesperadoras de nações em desenvolvimento. Concluíram que era tecnicamente viável prover as necessidades mínimas, grosseiramente o dobro da população mundial, até o próximo século de forma sustentável e sem degradação continuada dos ecossistemas globais. A comissão definiu – em seu relatório final com o título *Nosso Futuro comum* – o conceito de desenvolvimento sustentável: “Atender as necessidades da geração presente sem comprometer a habilidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades” (Braga et al 2005).

O desenvolvimento sustentável procura desenvolver uma relação harmônica do homem com a natureza. Ele deve ser trabalhado com três dimensões básicas: a dimensão econômica, a dimensão social e a dimensão ambiental. Na dimensão econômica as empresas devem trabalhar de forma economicamente viável, dando retorno ao capital investido. Com relação à

¹Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email- deniseeuzebio@gmail.com

²Estudante de engenharia ambiental da UEMG.

³Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email: rsn.pinto@gmail.com

dimensão social, o setor empresarial deve proporcionar condições de trabalho digno aos seus trabalhadores, procurando atender a todos os seguimentos da sociedade, dando oportunidades aos deficientes para, com isso, alcançar uma sociedade mais igualitária, espera-se também que a sociedade do entorno de uma unidade produtiva tenha oportunidade de opinar sobre a forma de atuação e os efeitos que a unidade produtiva provoca na sociedade circundante. Por meio da dimensão ambiental as organizações devem trabalhar de forma que se obtenha uma produção ecoeficiente, pautado na responsabilidade ambiental, no uso consciente da matéria prima, na redução, reutilização e não geração de resíduos no processo produtivo como um todo, deve-se focar na economia e no uso consciente de energia. Além disso, não só o setor empresarial, mas toda a sociedade deve estar atenta às legislações ambientais que norteiam a sociedade para o respeito as questões ambientais.

Esta abordagem em três dimensões é fundamental para se ter um equilíbrio necessário ao desenvolvimento sustentável, é o chamado tripé da sustentabilidade, não se deve dar mais ênfase a uma das dimensões e deixar as outras de lado. Por isso, para alcançar um desenvolvimento sustentável, com um ambiente de qualidade, os resíduos gerados devem ser tratados e destinados de forma que não causem danos ao meio ambiente. Sendo assim, deve ser dada uma destinação correta aos resíduos gerados pela população, tanto sólidos quanto líquidos (Lobo & Filho, 2007).

As principais alternativas de tratamento e destino final de lodo de esgoto incluem sua disposição em aterros sanitários, incineração, e várias formas de disposição no solo, tais como a recuperação de áreas degradadas, uso como fertilizante em grandes culturas e em reflorestamentos (Fernandes & Silva, 1997).

Atualmente a disposição final deste lodo de esgoto é normalmente o aterro sanitário. Outra finalidade que pode ser dada a este lodo é a incineração, porém este processo vem acompanhado de algumas desvantagens como: elevado custo de instalação, manutenção e operação de incineradores; exigência de pessoal especializado para a operação e manutenção de incineradores; necessidade de controle da poluição atmosférica (Santaella et al 2014); e após a incineração, ainda precisaria enviar as cinzas para um aterro sanitário. Por isso é importante buscar alguma forma de utilização deste material que seja ambientalmente correta e mais sustentável para o meio ambiente.

A reciclagem agrícola é uma prática bastante utilizada, pois transforma o lodo em um insumo agrícola, contribuindo assim para fechar o ciclo bioquímico dos nutrientes minerais, fornecendo matéria orgânica ao solo, estocando, assim, o carbono na forma de compostos estáveis e não liberando CO₂ na atmosfera. Este último aspecto da reciclagem agrícola do lodo começa a ganhar cada vez mais importância, pois a produção das emissões de CO₂, como no caso da incineração, atua no sentido de desequilibrar o meio natural (Fernandes & Silva, 1997).

O uso agrícola desses resíduos tem sido recomendado, como fonte de matéria orgânica e por proporcionar benefícios nas propriedades químicas do solo, como a elevação do pH, redução da acidez trocável e aumento na disponibilidade de nutrientes (Vieira & Cardoso, 2003, Lobo & Filho, 2007, Oliveira, et al. 2009). No entanto, este material deve ser tratado antes de sua utilização como composto orgânico na agricultura, por meio de técnicas como a vermicompostagem (Karlsons et al., 2015). Após o adequado tratamento ou processamento, é denominado bioestável. Este resíduo que pode ser utilizado como condicionador das propriedades físicas, como, o aumento da porosidade (Cai et al., 2010), químicas e biológicas do solo, considerando seu teor de matéria orgânica e nutrientes (Melo et al., 1994; Vanzo et al., 2001; Oliveira et al., 2009, Lakhdar et al., 2010).

Em contrapartida, o emprego deste material como fonte de nutrientes para culturas agrícolas, que são utilizadas na alimentação, ainda apresenta alguma resistência, pelo receio da contaminação por patógenos (Andreoli et al., 1999). Além disso, devido ao rico teor de sais solúveis o lodo de esgoto pode inibir a germinação de sementes e crescimento das mudas. Mas isso pode ser contornado através de métodos relativamente simples e eficazes tais como a mistura com terra de subsolo ou solo cru no preparo do substrato para germinação (Liu et al., 2014). Desta forma, uma alternativa para a utilização do bioestável de modo racional e ambientalmente segura seria na composição de substrato para a formação de mudas frutíferas e/ou florestais para recuperação de áreas degradadas.

¹Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email- deniseeuzebio@gmail.com

²Estudante de engenharia ambiental da UEMG.

³Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email: rsn.pinto@gmail.com

Em decorrência disso, o aproveitamento do lodo de esgoto para a produção de espécies florestais tem sido estudado, tanto para produção de mudas de espécies exóticas como o eucalipto (Trigueiro & Guerrini, 2003), quanto para espécies nativas, indicadas para a recuperação de áreas degradadas (Delarmelina *et al.* 2014).

É importante que as espécies arbóreas utilizadas em reflorestamento, recuperação, ou restauração de áreas degradadas estimulem a biodiversidade, favorecendo o retorno da fauna local. As espécies nativas são as melhores opções, podendo trazer diversas melhorias ecológicas, econômicas e sociais para o aspecto do ambiente.

Uma das espécies nativas com potencial para uso em áreas degradadas é popularmente conhecida como angico vermelho.

O angico-vermelho é uma árvore da família Mimosaceae e apresenta expressiva regeneração natural, ocorrendo indiferentemente em solos secos e úmidos; é tolerante a solos rasos, compactados, mal drenados e até encharcados, de textura média a argilosa. Apresenta crescimento de moderado a rápido, podendo atingir, quando em ótimas condições, produtividades de até 25,55 m³ ha⁻¹.ano (CARVALHO, 2003). De acordo Lorenzi (2000), a característica de rápido crescimento a torna interessante para ser aproveitada em reflorestamentos de áreas degradadas. A espécie possui, ainda, outras utilidades, servindo para construção civil, produção de carvão etc. (LORENZI, 2000) (Gonçalves et al. 2008).

Por ser uma espécie nativa indicada para reflorestamento de áreas degradadas, e se desenvolve bem em solos com diferentes características, a semente do angico-vermelho foi escolhida para ser usada neste estudo. Outra característica importante que contribuiu com a escolha da espécie é o fato de suas sementes não apresentam dormência, o que poderia prejudicar o desenvolvimento do trabalho. A dormência pode ser melhor definida como o fenômeno pelo qual sementes de uma determinada espécie, mesmo sendo viáveis e tendo todas as condições ambientais favoráveis à germinação (água, oxigênio, temperatura e ausência de inibidores), deixam de germinar (Vasconcelos et al., 2010). A germinação é

O processo que inicia com a retomada do crescimento pelo embrião das sementes, desenvolvendo-se até o ponto em que forma uma nova planta com plenas condições de nutrir-se por si só, tornando-se independente, é chamado de germinação (Kramer e Kozlowski, 1972). Na germinação, após a embebição da semente, esta absorve a água e incha, o tegumento hidratado amolece e se rompe, os tecidos de crescimento se desenvolvem com o fornecimento de alimento pelos cotilédones, a radícula emerge e se fixa, as folhas começam a se formar aumentando o potencial fotossintético da plântula, inicia-se a absorção de nutrientes do ambiente, os cotilédones sofrem abscisão e a planta passa a se alimentar sozinha (Floriano 2004)

O substrato para a produção de mudas tem por finalidade garantir o desenvolvimento de uma planta com qualidade, em curto período de tempo, e baixo custo. A qualidade física do substrato é importante, por ser utilizado num estágio de desenvolvimento em que a planta é muito suscetível ao ataque por microrganismos e pouco tolerante ao déficit hídrico. Assim, o substrato deve reunir características físicas e químicas que promovam, respectivamente, a retenção de umidade e disponibilidade de nutrientes, de modo que atendam às necessidades da planta (Cunha *et al.*, 2006).

Objetivo geral

¹Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email- deniseeuzebio@gmail.com

²Estudante de engenharia ambiental da UEMG.

³Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email: rsn.pinto@gmail.com

Os objetivos deste estudo foi avaliar os atributos químicos do lodo de esgoto, e testar diferentes concentrações deste lodo, misturado a outro substrato, na germinação e desenvolvimento de mudas de *Anadenanthera macrocarpa*.

Objetivos específicos

Avaliar a concentração de nutrientes minerais e teor de matéria orgânica do lodo de esgoto gerado na ETE (Estação de Tratamento de Esgoto) de Itabira, MG.

Avaliar a concentração de metais pesados do lodo de esgoto gerado na ETE de Itabira, MG.

Determinar a influência do lodo de esgoto na germinação de sementes de *Anadenanthera macrocarpa*.

Determinar qual é a melhor proporção do lodo de esgoto para ser usado como substrato para a produção de mudas de *Anadenanthera macrocarpa*.

Materiais e métodos

Aquisição lodo de esgoto e de sementes.

O lodo de esgoto utilizado foi oriundo da ETE do município de Itabira-MG, que disponibilizou o lodo de esgoto para a realização do projeto. Itabira é um município brasileiro localizado no interior do estado de Minas Gerais, Região Sudeste do país. Localiza-se no Quadrilátero Ferrífero, a leste da capital do estado, distando desta cerca de 110 km. Ocupa uma área de 1 253,704 km², sendo que 12,4377 km² estão em perímetro urbano, e sua população foi estimada em 2018 em 119 186 habitantes.

As sementes *Anadenanthera macrocarpa* utilizadas neste trabalho foram adquiridas no viveiro de mudas florestais da Universidade Federal de Viçosa.

O lodo de esgoto foi destorroado, homogeneizado e deixados em local arejado para que reduzisse a umidade. Após este processo, este material foi coado em peneiras para que ficassem em condições de ser utilizadas para enchimento dos saquinhos ou copos de germinação. Uma amostra deste material foi encaminhada para a análises físico-químicas no laboratório de análise de solos da Universidade Federal de Viçosa.

Os tratamentos foram montados em copos de plásticos de volume de 500ml (figura 2). Foram feitas misturas de um substrato comercial, próprio para a germinação, com o lodo de esgoto para obter as diferentes concentrações desejadas no experimento. O substrato comercial puro foi utilizado como controle. O experimento consistiu dos seguintes tratamentos: tratamento 1 (T1) com 100% do lodo de esgoto e 0% de substrato comercial; tratamento 2 (T2) com 75% do lodo de esgoto e 25% de substrato comercial; tratamento 3 (T3) com 50% do lodo de esgoto e 50% de substrato comercial; tratamento 4 (T4) com 25% do lodo de esgoto e 75% de substrato comercial; tratamento 5 (T5) com 0% do lodo de esgoto e 100% de substrato comercial (controle).

Em cada copo foi semeada uma semente da espécie arbórea nativa *Anadenanthera macrocarpa*, conhecida popularmente como angico vermelho. A semeadura foi feita colocando-se a semente a um centímetro abaixo da superfície do substrato, e em seguida foi coberto com o próprio substrato. O experimento foi colocado num ambiente sombreado e arejado, onde os copos, após a semeadura, recebiam sol apenas na parte da tarde. Os copos com tratamentos foram irrigados diariamente deixando numa umidade adequada para a germinação.

¹Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email- deniseeuzebio@gmail.com

²Estudante de engenharia ambiental da UEMG.

³Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email: rsn.pinto@gmail.com



Figura 2. a) detalhes dos copos preenchidos com diferentes concentrações de lodo de esgoto. b) Experimento montado em copos utilizando a espécie *Anadenanthera macrocarpa*.

Acompanhamento e avaliação dos resultados

Após o semeio das sementes o experimento foi acompanhado diariamente. A irrigação foi realizada de forma a manter o substrato úmido, mas não encharcado, e em condições ideais para que as sementes germinassem. Também foi observado qualquer outra interferência, como ataque de pragas, que pudessem alterar os resultados do experimento. Foi avaliada a porcentagem de germinação de sementes, o tempo que as sementes levaram para germinarem, o número de folhas desenvolvidas e o crescimento das mudas como um todo. Além disso, após 45 dias da semeadura, também foi avaliado, o desenvolvimento das raízes. Para isso as mudas foram arrancadas ao final do experimento para que as raízes fossem medidas e seu desenvolvimento fosse observado. Durante toda a avaliação do experimento foram retiradas fotos para a documentação e registro dos dados. Após a coleta dos dados, estes foram compilados e avaliados.

Resultados e discussão

Os resultados da análise química do lodo de esgoto mostraram que o material apresenta uma grande quantidade dos macros nutrientes, que são os elementos básicos necessários em maior volume às plantas como: potássio, fosforo, cálcio, magnésio e nitrogênio. O lodo de esgoto apresentou também os micronutrientes, que são requeridos em pequenas quantidades, de miligramas (um milésimo do grama) a microgramas (um milionésimo do grama) como: cobre, manganês ferro e zinco (Tabela 1). Tanto os macros quanto os micronutrientes são essenciais para o bom crescimento das plantas, porém devem estar em equilíbrio, uma vez que, estando em excesso ou em falta podem prejudicar o desenvolvimento ideal dos vegetais.

Esta análise química mostrou também que o material apresenta alguns metais pesados, o que justifica a orientação de que este material não é ideal para a produção de mudas de espécies comestíveis como hortaliças.

O pH é a medida de acidez e alcalinidade de um determinado composto como a água ou o solo. Os níveis de pH variam de 0 a 14, sendo que o pH igual a 7 é neutro; abaixo de 7, ácido; e acima de 7 é alcalino. O pH do lodo de esgoto analisado foi de 9,4, o que quer dizer

¹Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email- deniseeuzebio@gmail.com

²Estudante de engenharia ambiental da UEMG.

³Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email: rsn.pinto@gmail.com

que o material é alcalino. Este valor de pH pode prejudicar o desenvolvimento das plantas, uma vez que, a assimilação dos minerais pelas plantas tem maior eficiência numa determinada faixa ideal de pH, que vai de 6 e 7.

A capacidade de troca catiônica (CTC) é uma medida da capacidade de troca de cátions que um solo possui. Corresponde à soma das cargas negativas nas partículas microscópicas do solo (fração argila, e matéria orgânica) retendo os cátions, tais como cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+), sódio (Na^+), alumínio (Al^{3+}) e hidrogênio (H^+). A capacidade de troca catiônica (CTC) na amostra de lodo de esgoto analisado em pH 7 foi de 27,12%. O valor de CTC em análise de solo é classificado como muito bom quando o valor é acima de 15,0% (Ribeiro et al 1999). Ou seja, o lodo de esgoto tem uma CTC muito boa, o que é importante pois refere-se não somente a retenção de e cátions, mas também de água, além de ter direta relação com a estruturação e consistência dos solos.

A soma de bases trocáveis (SB) de um solo, argila ou húmus representa a soma dos teores de cátions permutáveis, exceto H^+ e Al^{3+} ($\text{SB} = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+$). A soma de bases trocáveis (SB) da amostra de lodo foi 27,12cm³/dm³, este valor também é muito bom, uma vez que, em análise de solos, valores de soma de bases acima de 6 recebem classificação como muito bom (Ribeiro et al 1999).

O índice de saturação por base (V) foi de 100% na amostra de lodo. No solo valores de saturação por base acima de 80% é considerado muito bom (Ribeiro et al 1999). A saturação por bases é um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade do solo, sendo utilizada até como complemento na nomenclatura dos solos. Os solos podem ser divididos de acordo com a saturação por bases: solos eutróficos (férteis) = $V\% \geq 50\%$; solos distróficos (pouco férteis) = $V\% < 50\%$ (Ronquim 2010).

pH	Macronutrientes						
	P	K	Ca^{2+}	Mg^{2+}	N- Total		
	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	cmol/dm ³	dag/Kg		
9,94	9,90	44,00	26,95	0,06	0,40		
Micronutrientes					Metais pesados		
Cu	Mn	Fe	Zn	Ni	Cr	Cd	Pb
mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³
7,46	27,4	505,0	48,0	2,77	1,41	0,63	0,32

Tabela 1. Resultado da análise química do lodo de esgoto utilizado no experimento.

As sementes de *Anadenanthera macrocarpa* começaram a germinar a partir do terceiro dia de semeadura (figura 3). A porcentagem de germinação das sementes foi variável entre os tratamentos. Entre os tratamentos que continham maior concentração do lodo de esgoto, a porcentagem de germinação foi menor do que no tratamento controle que continha apenas o substrato comercial, que teve média de 90% de germinação (Figura 4). Isso mostra que o lodo puro não apresenta características ideais para germinação de sementes das sementes do angico vermelho.

É importante que um substrato tenha a capacidade de reter umidade, o que é essencial para o início do processo de germinação das sementes, e também seja capaz de disponibilizar prontamente os nutrientes necessários para o desenvolvimento inicial das plântulas, sendo que o teor de matéria orgânica e a sua estruturação são fatores determinantes para a máxima eficiência (Canesin & Barbosa 2017). Considerando que na análise química o lodo apresentou alta concentração de nutrientes e matéria orgânica, é possível que a baixa porcentagem de germinação nos tratamentos com altas concentrações do lodo ocorreu devido a características físicas do material, como baixa aeração.

¹Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email- deniseeuzebio@gmail.com

²Estudante de engenharia ambiental da UEMG.

³Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email: rsn.pinto@gmail.com

Por meio da avaliação da germinação do tratamento controle pudemos fazer uma comparação com a germinação dos outros tratamentos. No controle as sementes tiveram melhor germinação (acima de 90%), o que era esperado, pois sendo o substrato comercial próprio para a germinação ele possui características tanto físicas quanto químicas que facilitam a germinação. Esta alta porcentagem de germinação no tratamento controle mostra, também que as sementes estavam em condições ótimas para a germinação. Nos tratamentos que continham porcentagens diferentes de lodo de esgoto, as sementes tiveram menor percentual de germinação. Isso pode ter ocorrido pelo fato do lodo de esgoto não apresentar boa aeração, o que é essencial para a germinação de sementes.

Os substratos utilizados para a propagação via sementes têm grande influência no processo germinativo, haja vista que fatores como estrutura, aeração, capacidade de retenção de água e grau de infestação de patógenos, podem variar de acordo com o tipo de material usado (Beckmann-Cavalcante et al 2012). Na figura 5, podemos observar a germinação ocorrendo normalmente no tratamento controle, enquanto no tratamento com 75% de lodo de esgoto algumas apodreceram e não germinaram. O apodrecimento de sementes nos tratamentos com maiores concentrações de lodo de esgoto pode ter ocorrido pela falta de aeração deste material, esta falta de aeração pode ter comprometido o fornecimento de oxigênio para o processo germinativo, o que é essencial nesta fase. Com a entrada de oxigênio comprometida, a respiração pode ir diminuindo na semente e provocar atraso ou paralisação da germinação (Carvalho & Nakagawa, 2000). Assim, o substrato fica propício para o desenvolvimento de fungos, que podem atacar, acelerando o processo de apodrecimento das sementes.



Figura 3. Início da germinação das sementes após 3 dias de semeadura.

¹Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email- deniseeuzebio@gmail.com

²Estudante de engenharia ambiental da UEMG.

³Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email: rsn.pinto@gmail.com

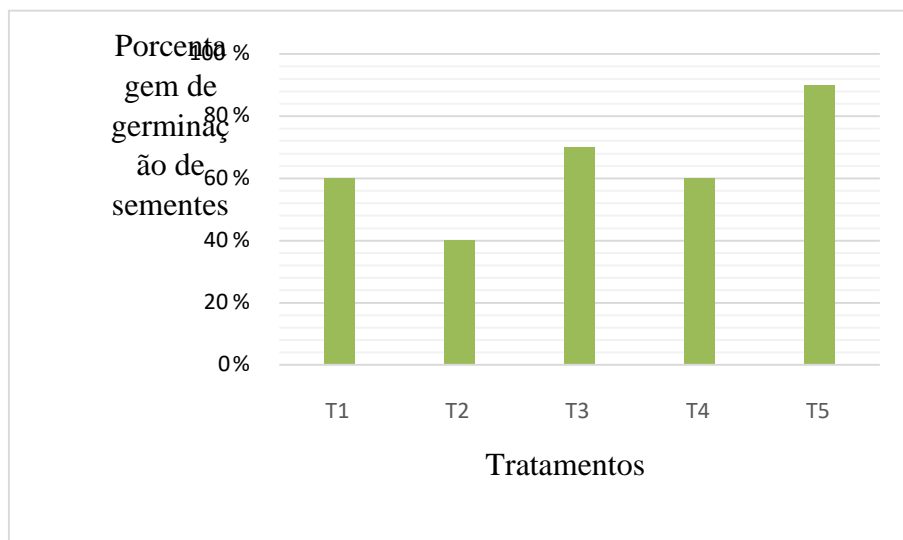


Figura 4: Gráfico mostrando as diferentes porcentagens de germinação ocorrida entre os tratamentos. T1=100% lodo de esgoto, T2=75% lodo de esgoto, T3= 50% de lodo de esgoto, T4=25% de lodo de esgoto e T5= 100% de substrato comercial para germinação.



Figura 5. 1) Semente germinando no substrato comercial. 2) Semente que não germinou no tratamento T2, com 75% de lodo de esgoto, e com o tempo foi apodrecendo.

A altura total das plantas que germinaram foi medida aos 45 dias após a germinação. Por meio da medição da altura, pode-se observar que o crescimento das mudas foi inversamente proporcional ao aumento da concentração do lodo de esgoto nos tratamentos (Figuras 6 e 7).

Este dado deixa claro que, apesar de as sementes germinarem nos tratamentos com diferentes porcentagens de lodo de esgoto, quando observamos o tamanho das mudas nos tratamentos com o 100% de lodo ou em concentrações mais elevadas, como 50% ou 75% ele não se apresenta como um bom substrato para o desenvolvimento de mudas. Observando a figura 6 podemos notar que as mudas aos 45 dias em substrato comercial cresceram o dobro do tamanho (12cm de altura) do que as mudas em 100% e 75% de lodo de esgoto, as quais alcançaram pouco menos de 6cm de altura neste mesmo período de crescimento.

¹Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email- deniseeuzebio@gmail.com

²Estudante de engenharia ambiental da UEMG.

³Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email: rsn.pinto@gmail.com

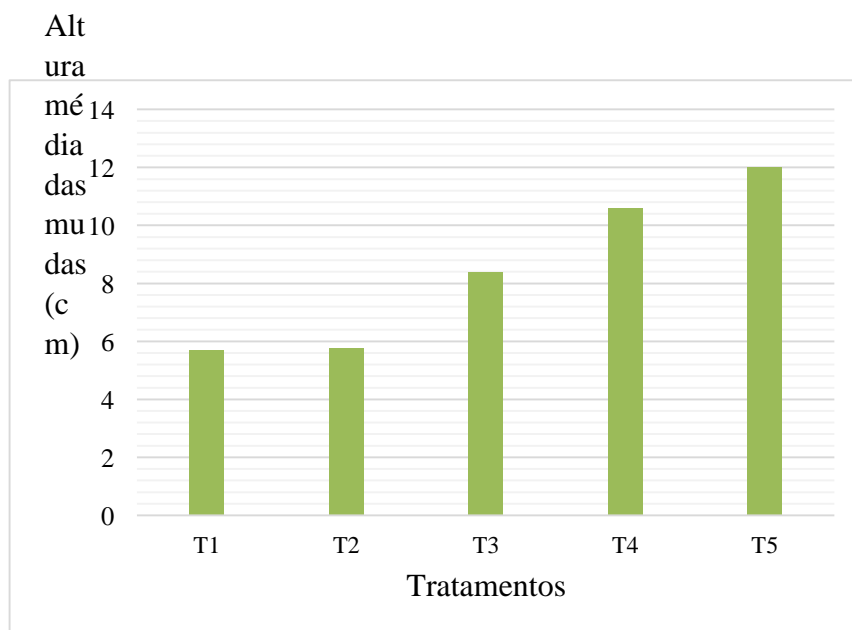


Figura 6: Altura média das mudas nos tratamentos. T1=100% lodo de esgoto, T2=75% lodo de esgoto, T3= 50% de lodo de esgoto, T4=25% de lodo de esgoto e T5= 100% de substrato comercial para germinação.



Figura 7: Crescimento das mudas aos 20 dias de idade nos tratamentos. T1=100% lodo de esgoto, T2=75% lodo de esgoto, T3= 50% de lodo de esgoto, T4=25% de lodo de esgoto e T5= 100% de substrato comercial para germinação.

O comprimento médio das raízes também foi inversamente proporcional à concentração de lodo de esgoto nos tratamentos (Figura 8). O tratamento com 100% de lodo de esgoto teve um crescimento mínimo da raiz, não chegou a 5mm, e no tratamento com 75% de lodo de esgoto não houve desenvolvimento de raízes. Este baixo desenvolvimento de raízes nos tratamentos com maior concentração de lodo pode ser devido à baixa aeração do lodo em relação ao substrato comercial. Com estes resultados observados no T1 e T2, pode-se inferir que as folhas observadas nestes tratamentos se desenvolveram apenas com as reservas contidas nos cotilédones das sementes, ou seja, elas não chegaram a absorver nutrientes do

¹Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email- deniseeuzebio@gmail.com

²Estudante de engenharia ambiental da UEMG.

³Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email: rsn.pinto@gmail.com

substrato, o que justifica o seu menor desenvolvimento comparado aos outros tratamentos. Na figura 9, observa-se que as raízes do T1 e T2 não se desenvolveram, no T1 é possível observar que a casca da semente ainda se encontra aderida à muda. O maior desenvolvimento da raiz foi observado no tratamento controle com 8cm de comprimento, seguido do T4 com 6cm de comprimento.

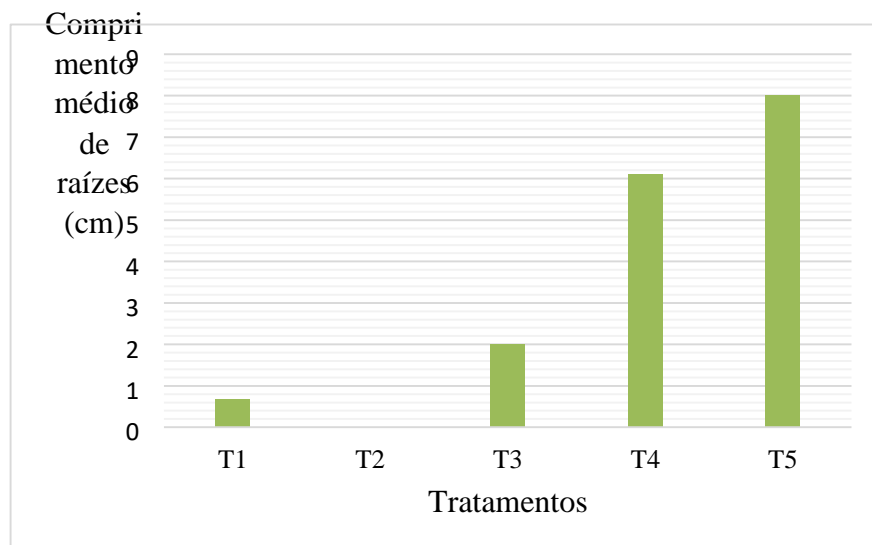


Figura 8: Comprimento das raízes aos 45 dias de idade nos tratamentos. T1=100% lodo de esgoto, T2=75% lodo de esgoto, T3= 50% de lodo de esgoto, T4=25% de lodo de esgoto e T5= 100% de substrato comercial para germinação.



Figura 9: Aspecto geral das mudas com as raízes aos 45 dias de idade nos tratamentos. T1=100% lodo de esgoto, T2=75% lodo de esgoto, T3= 50% de lodo de esgoto, T4=25% de lodo de esgoto e T5= 100% de substrato comercial para germinação.

¹Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email- deniseeuzebio@gmail.com

²Estudante de engenharia ambiental da UEMG.

³Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email: rsn.pinto@gmail.com

Os tratamentos T1(100%), T2 (75%) e T3 (50%) foram os que apresentaram menor número de folhas, com média de apenas uma folha por muda. Estes dados são provavelmente resultantes do mau desenvolvimento observado nas raízes, pois nestes tratamentos as raízes não se desenvolveram ou desenvolveram muito pouco, e sem o desenvolvimento das raízes, a muda sobreviveu apenas com as reservas da semente, e não absorveu nutrientes do substrato para que pudessem desenvolver mais folhas. Observa-se claramente, na figura 9, que a muda oriunda do tratamento T1 (100%) lodo de esgoto, o tegumento da semente, não chegou a se soltar, ficando aderido à muda.

O tratamento controle foi o que apresentou maior número de folhas por muda, com uma média acima 2,5 folhas, seguido pelo tratamento T4, com uma média de 2,2 folhas por muda.

O lodo de esgoto puro não se apresentou como um bom substrato para a germinação, mais ainda assim, é possível utilizá-lo para este fim desde que misturado, em concentrações menores, a outro substrato. Outro fato que poderia melhorar as características físicas deste lodo de esgoto seria passá-lo por um processo de compostagem, pois o lodo compostado pode ser utilizado como condicionador do solo, uma vez que incorpora ao solo, matéria orgânica em estágio mais avançado de humificação, ou seja, mais estabilizada (carvalho et al 2015).

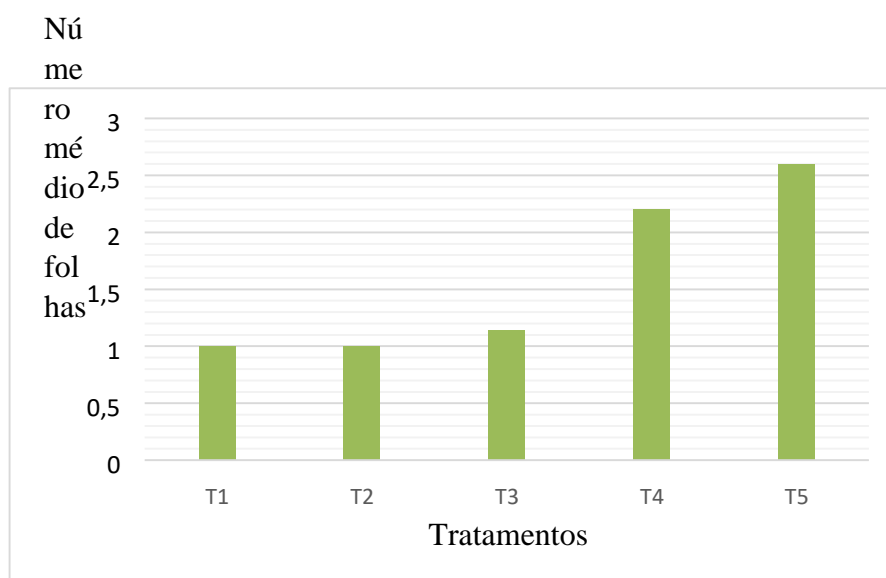


Figura 10: Número médio de folhas por muda nos tratamentos. T1=100% lodo de esgoto, T2=75% lodo de esgoto, T3= 50% de lodo de esgoto, T4=25% de lodo de esgoto e T5= 100% de substrato comercial para germinação.

A busca pelo crescimento e desenvolvimento econômico, pautada no lucro a qualquer custo, fez com que a nossa sociedade, passassem por décadas sem dar atenção devida aos problemas ambientais. Nos centros urbanos são observados vários focos de contaminação, tanto dos solos quanto das águas. Esta contaminação ocorre em parte pelos esgotos domésticos ou industrial, que muitas vezes são despejados sem tratamento nos rios ou diretamente no solo. Para solucionar este grave problema ambiental, o esgoto gerado deve ser todo recolhido e tratado. Como vimos, durante o processo de tratamento deste esgoto, é gerado um grande volume de material sólido, resultante do processo de tratamento do esgoto que é constituído de muitos nutrientes, que poderia ser aproveitado para outros fins, ambientalmente correto, e não enviado para os aterros sanitários. Este trabalho buscou uma forma alternativa para o aproveitamento deste material.

¹Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email- deniseeuzebio@gmail.com

²Estudante de engenharia ambiental da UEMG.

³Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email: rsn.pinto@gmail.com

Conclusão

O lodo apresenta alta concentração de nutrientes e matéria orgânica, porém juntamente com estes nutrientes, foi observado a presença de metal pesado, o que não é uma característica desejada para ser usado como substrato para culturas que são utilizadas como alimento. Para se obter um processo de propagação de planta satisfatório, o substrato deve fornecer condições para que a semente tenha uma elevada taxa de germinação e forneça condições físicas e nutritivas ideais para a planta sobreviver e desenvolver após a germinação. O lodo de esgoto utilizado neste experimento não apresentou características ideais para a germinação e desenvolvimento da planta, uma vez que, no lodo de esgoto puro ou em altas concentrações constatou-se baixa porcentagem de germinação de semente e pouco desenvolvimento das mudas de *Anadenanthera macrocarpa*. Por outro lado, o resultado observado no tratamento com 25% de lodo de esgoto indica que é possível sua utilização, porém em pequenas concentrações e misturado a outro substrato.

Com este trabalho demonstrou-se que o lodo de esgoto resultante do tratamento de esgoto da ETE de Itabira, MG, é um material rico em nutrientes e a sua utilização como substrato para produção de mudas pode ser uma opção alternativa a ser utilizada para dar uma destinação viável ao resíduo produzido por meio do tratamento de esgoto das grades cidades. Apesar da germinação e desenvolvimento das mudas não terem sido ideais no material com grandes concentrações do lodo, percebeu-se que em concentrações menores, é possível a utilização desse material. Isso é muito importante, uma vez que se conseguirmos utilizar este material, estaremos contribuindo para o tão sonhado desenvolvimento sustentável, e garantindo um ambiente mais saudável e equilibrado.

Agradecimentos: à universidade Estadual de Minas Gerais, à estação de Tratamento de Esgoto de Itabira à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais.

Referências

- Andreoli, C.V. et al. (1999). Aceitabilidade pública da utilização do lodo de esgoto na agricultura da região metropolitana de Curitiba. Sanare, v.12, n.12, p.43-52,
- Alvarez V., V.H.; Novais, R.F. De; Barros, N.F.; Cantarutti, R.B.; Lopes, A.S. (1999) Interpretação dos resultados das análises de solos. In: Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G.; Alvarez V., V.H. (Ed.). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5a aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p.25-32
- Braga, B. Hespanhol, I. Conejo, J.C.M. Mierzwa, J.C. Barros, M.T.L. Spenser, M. Porto, M. Nucci, N. Juliano, N. & Eiger, S. (2005). Introdução à engenharia ambiental. O desafio do desenvolvimento sustentável. 2º Ed. São Paulo, Pearson Prentice Hall, 318 p.
- Beckmann-Cavalcante, Márcia Z. et al. (2012). Temperatura, escarificação mecânica e substrato na germinação de sementes das palmeiras juçara e açaí. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 7, n. 4, p. 569-573. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/73628>>.
- Canesin, F.M & Barbosa, R.Z. (2017) Efeito de diferentes substratos na germinação de sementes de maracujá azedo, Periódico Semestral n. 31,
- Cai, H., T.B. Chen, H.T. Liu, D. Gao, G.D. Zheng, & J. Zhang (2010). The effect of salinity and porosity of sewage sludge compost on the growth of vegetable seedlings. Scientia Horticulturae. 124:381–86.
- Carvalho C.S., Ribeirinho, V.S., Andrade C.A., Grutzmacher P., Pires A.M.M. (2015). Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, v.10, n.3, p.413-419,
- Carvalho, N. M.; Nakagawa, J. (2000). Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4.ed., Jaboticabal: FUNEP, 588p.
- Costa A.N., Costa A.F.S Caetano L.C.S. (2015). Aspectos químicos e físicos da disposição do lodo de ETE no solo.

¹Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email- deniseeuzebio@gmail.com

²Estudante de engenharia ambiental da UEMG.

³Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email: rsn.pinto@gmail.com

- <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/724/1/cap4lodoesgoto.pdf>, acessado em 14/12/2019.
- Cunha, A.M. Cunha, G.M. Sarmiento, R.A. Cunha, G.M. & Amaral, J.F.T. (2006) Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.207-214.
- Delarmelina, W.M. Caldeira, M.V. W. Faria, J.C.T. Gonçalves, E.O. Rocha, R.L.F (2014). Diferentes Substratos para a Produção de Mudas de *Sesbania virgata*. Floresta e Ambiente. 21(2): 224-233.
- Dias, R. (2011). Gestão Ambiental: Responsabilidade social e sustentabilidade. 2º Ed. Editora Atlas S.A. São Paulo.
- Fernandes F. & Silva S.M.C.P. (1997). Manual prático para a compostagem de bio sólidos. UEL - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PA.
- Floriano, E. P. (2004). Germinação e dormência de sementes florestais, Caderno Didático nº 2, 1ª ed./ Eduardo P. Floriano Santa Rosa, 19 p.
- Gonçalves E.O., Paiva H.N., Neves J.C.L., Gomes J.M. (2008). Crescimento de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) sob diferentes doses de Macronutrientes, Revista Árvore, Viçosa-MG, v.32, n.6, p.1029-1040,
- Instituto Brasileiro de Floresta – IBF. Jacarandá do Campo – *Platypodium elegans* – sementes. Site: ibflorestas.org.br. Acessado em 08/10/2015.
- Karlsons, A. Osvalde, A. Andersone-Ozola, U. & Ievinsh, G. (2015). Vermicompost from Municipal Sewage Sludge Affects Growth and Mineral Nutrition of Winter Rye (*Secale cereale*) Plants. Journal of Plant Nutrition.
- Lakhdar, A.R. Scelza, R. Scotti, M.A. Rao, N. Jedidi, L. Gianfreda, & C. Abdelly. (2010). The effect of compost and sewage sludge on soil biological activities in salt affected soil. The Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 10(1): 40–47.
- Liu, H. Gao, D. Chen, T. Cai, H. & Zheng G. (2014). Improvement of salinity in sewage sludge compost prior to its utilization as nursery substrate. Journal of the Air & Waste Management Association. n. 64, p. 546–551.
- Lobo, T.F. & Filho, H.G. (2007). Níveis de lodo de esgoto na produtividade do girassol. The Journal of Soil Science and Plant Nutrition, v7, n 3 p16-25.
- Oliveira, J.P.B. Lopes J.C. Alexandre R.S. Jasper, A.P.S. Santos, L.N.S. & Oliveira L. B. (2009). Efeito do lodo de esgoto no desenvolvimento inicial de duas cultivares de mamona em dois tipos de solos. Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 2, p. 174-180,
- Melo, W.J. Marques, M.O. Santiago, G. Cheli, R.A. & Leite, S.A.S. (1994). Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre frações da matéria orgânica e CTC de um latossolo cultivado com cana de açúcar. R. Brasileira Ci. Solo, 18: 449-455,
- Pegorini, ES. Andreoli, C.V. Souza, M.L. & Ferreira, A. (2003). Qualidade do lodo de esgoto utilizado na reciclagem agrícola na região metropolitana de Curitiba – PR. In: Simpósio Latino Americano de Bio sólido, 1, São Paulo, Anais. São Paulo, 11p.
- Philipi JR, A. Romero, M.A. & Bruna, G.C. (2004). Curso de Gestão Ambiental. Editora Malone, Barueri, SP.
- Ronquim C.C., (2010). Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais Embrapa Monitoramento por Satélite Campinas, SP,
- Santaella, S. T.; Brito, A. E. R. M.; Costa, F. A. P.; Castilho, N. M.; Mio, G. P.; Ferreira Filho, E.; Leitao, R. C.; Salek, J. M. (2014). Resíduos sólidos e a atual política ambiental brasileira. 232 p. Fortaleza: UFC / Labomar / Nave.
- Trigueiro R.M. & Guerrini I.A. (2003). Uso de bio sólido como substrato para produção de mudas de Eucalipto, Scientia Forestalis, n. 64, p. 150-162.
- Vanzo, J.E. Macedo, L.S. & Tsutiya, M.T. (2001). Registro da produção de bio sólido. O caso da ETE de Franca. In: Tsutiya, M.T: Comparini, J.B. Alem Sobrinho, P. Hespanhol, I. Carvalho, P.C.T. Melfi, A.J. Melo. W.J. & Marques, M.O. eds. Bio sólidos na agricultura. São Paulo, SABESP, P.227-242.
- Vasconcelos, J. M., Cardoso, T. V., Sales, J. F., Silva, F. G., Vasconcelos Filho, S. C., Santana, J. G. (2010). Métodos de superação de dormência em sementes de croada (*Mouriri elliptica* Mart). Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1199-1204.

¹Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email- deniseeuzebio@gmail.com

²Estudante de engenharia ambiental da UEMG.

³Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email: rsn.pinto@gmail.com

Vieira, R.F. & Cardoso, A.A. (2003). Variações nos teores de nitrogênio mineral em solo suplementado com lodo de esgoto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.38, n.7, p867-874.

¹Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email- deniseeuzebio@gmail.com

²Estudante de engenharia ambiental da UEMG.

³Engenheiro Agrônomo, professor da UEMG unidade João Monlevade, MG. Email: rsn.pinto@gmail.com